

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОЛОСЫ РАДИОЧАСТОТ 350–400 МГц ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ МШБД СТАНДАРТА TDD-LTE/LTE-ADVANCED/5G

Бабин А.И., Шепелев С.В.

*АО «MTU Сатурн», Москва, ABabin@k-tech.ru, SSHepelev@k-tech.ru*

**Аннотация.** Необходимость выделения целевых полос частот для развертывания выделенных и технологических мобильных сетей в России назрела и стоит остро. Стандартизированные 3GPP ETSI полосы радиочастот LTE задействованы коммерческими операторами связи. Выделение полос частот для сетей пятого поколения 5G-NR в России задерживается. Вопрос создания выделенных (частных) и технологических сетей МШБД технологий LTE/LTE-Advanced на объектах критической информационной инфраструктуры России требует решения, особенно в условиях санкций. Публичные коммерческие сети LTE предназначены для предоставления услуг высокоскоростной передачи данных и голосовой связи населению, в то время как ведомственные сети LTE предназначены для предоставления высокоскоростных и надежных услуг беспроводной связи определенной группе пользователей. Крупным государственным компаниям, которым требуется более безопасная сеть с более высокой надежностью, большей мобильностью и более широкими зонами покрытия, следует серьезно задуматься о технологии LTE. Она позволяет организациям настраивать свои сети для критически важных приложений, требующих низкой задержки и независимости от потенциально перегруженного и непредсказуемого беспроводного спектра общего пользования. Результаты исследований могут быть использованы для создания выделенных и технологических сетей государственных предприятий топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России и в горнодобывающей промышленности.

**Ключевые слова:** выделенные сети связи, технологические сети связи, сети мобильного широкополосного беспроводного доступа (МШБД), частные сети Private-LTE, технология LTE/LTE-Advanced/5G

## PROPOSALS FOR THE USE OF THE 350-400 MHZ RADIO FREQUENCY BAND FOR TDD-LTE/LTE-ADVANCED/5G TECHNOLOGY NETWORKS

Babin A. I., Shepelev S. V.

*Joint-stock company «MTU Saturn», Moscow, ABabin@k-tech.ru, SSHepelev@k-tech.ru*

**Annotation.** The need to allocate target frequency bands for the deployment of dedicated and technological mobile networks in Russia is overdue and urgent. Standardized 3GPP ETSI LTE radio frequency bands are used by commercial telecom operators. The allocation of frequency bands for fifth-generation 5G-NR networks in Russia is delayed. The issue of creating dedicated (private) and technological networks of LTE/LTE-Advanced technologies at the facilities of Russia's critical information infrastructure requires a solution, especially in the context of sanctions. Public commercial LTE networks are designed to provide high-speed data and voice communication services to the public, while departmental LTE networks are designed to provide high-speed and reliable wireless communication services to a specific group of users. Large state-owned companies that need a more secure network with higher reliability, greater mobility and wider coverage areas should seriously consider LTE technology. It allows organizations to configure their networks for mission-critical applications that require low latency and independence from the potentially congested and unpredictable public wireless spectrum. The research results can be used to create dedicated and technological networks of state-owned enterprises of the fuel and energy complex (FEC) of Russia and in the mining industry.

**Keywords:** dedicated communication networks, technological communication networks, mobile broadband wireless access (MSHBD) networks, Private-LTE networks, LTE/LTE-Advanced/5G technology

Наиболее перспективно использование выделенных и технологических сетей МШБД, Private-сетей технологии LTE/5G на транспорте, в горнодобывающей промышленности (на шахтах, карьерах), а также в энергетике, в сфере общественной безопасности, в портах, в металлургии. Технология 4G/LTE обеспечивает широкий спектр сценариев использования в различных областях, таких как: мобильный доступ в Интернет; потоковое видео; VoLTE (передача голоса по сети LTE); мобильные игры; подключение к Интернету вещей (IoT); удаленная работа и совместная работа; общественная безопасность и аварийно-спаса-

тельные службы; управление автопарком и телематика транспортных средств; цифровое производство и цифровая индустриализация. В России, как и в других странах, вопрос выделения необходимого радиочастотного ресурса стоит остро [1].

Целью исследование является рассмотрение полосы радиочастот 350–400 МГц для выделенных (частных) и технологических сетей МШБД технологий TDD-LTE/LTE-Advanced/5G в России. Результаты исследований могут быть использованы для создания выделенных и технологических сетей государственных предприятий топливно-энергетического комплекса

(ТЭК) России и в горнодобывающей промышленности.

### Материалы и методы исследования

При проведении исследований применяются следующие методы: теоретические (анализ, синтез, формализация); методологические (методики и нормы); эмпирические (модели) и логические методы (факты и умозаключения).

Многие разработчики выбирают 4G/LTE в качестве идеального стандарта связи для своих устройств в силу следующих функций:

- максимальная скорость до 100 Мбит/с может быть достигнута с помощью 4G/LTE;
- задержка в сетях 4G/LTE составляет примерно 20 миллисекунд;
- 4G/LTE использует доступный спектр в диапазоне от 300 МГц до 2,5 ГГц;
- функции сети 4G/LTE широко распространены и доступны по всей стране.

Несмотря на то что покрытие сетей 4G в сельской местности может быть ограничено, оно по-прежнему более доступно по сравнению с сетями 5G.

Выделенные, частные и технологические сети LTE можно настроить в соответствии с конкретными потребностями, такими как зона покрытия, скорость передачи данных и безопасность. Они также могут быть интегрированы с другими технологиями, такими как Wi-Fi, Ethernet и Bluetooth. Внедрение ведомственных сетей LTE находится на подъеме. По данным компании Business Newswire, ожидается, что к 2028 году мировой рынок частных LTE сетей достигнет \$10,3 млрд. Этот рост можно объяснить тем, что выделенные и технологические сети LTE идеально подходят для предприятий и организаций, которым требуются надежные высокоскоростные услуги беспроводной связи для критически важных приложений, таких как производство, логистика и общественная безопасность. Эти сети LTE также могут использоваться в отдаленных районах, где коммерческие сети LTE недоступны [2].

По прогнозу аналитических компаний России, в 2024–2028 г. подавляющее большинство ведомственных пользователей будут использовать 4G/LTE, эта технология не достигла своего предела и будет активно развиваться еще примерно 5 лет. Ведь в технологии LTE-Advanced Pro сегодня можно обеспечить скорость до 1 Гбит/с. Сети связи 5G/IMT-2020 обеспечивают «очаговое» покрытие при «ковровом» покрытии сети LTE/LTE-Advanced на переходном периоде сегодняшних дней.

Диапазон радиочастот 350–400 МГц интересен, прежде всего, по распростра-

нению радиоволн. В данном диапазоне возможно создание больших зон радиопокрытия, достигающих 20–25 км. Эти зоны сопоставимы только с аналогичными в 800 МГц и 900 МГц [3, с. 124]. Радиослужба ПОДВИЖНАЯ в диапазоне 344–399,9 МГц присутствует.

Проведем краткий анализ рекомендаций использования полос радиочастот 350–400 МГц международного и особенностей национального распределения полосы радиочастот с целью их использования для технологий LTE/LTE-Advanced/ LTE-Advanced Pro.

Согласно Европейской таблице частот, полоса радиочастот 335,4–399,9 МГц, как правило, распределена для военного применения в Европе в рамках ПОДВИЖНОЙ, ФИКСИРОВАННОЙ и подвижной спутниковой (космос – Земля) служб.

Полоса частот 380–395 МГц является согласованной «узкополосной» полосой общественной безопасности PPDR (Public Protection and Disaster Relief) на постоянной основе в некоторых странах Района 1 (Европа и страны СНГ) для стандарта TETRA, но в Российской Федерации не использовалась.

Согласно действующей таблице распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации (далее – ТРПЧ РФ), распределение полос радиочастот 350–400 МГц по радиослужбам представлено [4, с. 32–34] в таблице 1. Согласно примечаниям к ТРПЧ РФ: полосы радиочастот 344,4–390 МГц преимущественно используются воздушной подвижной службой (ОР). Отдельные радиочастоты в этих полосах могут использоваться воздушной радионавигационной службой; полосы радиочастот 312–315 МГц (Земля – космос) и 387–390 МГц (космос – Земля) в подвижной спутниковой службе могут использоваться негеостационарными спутниковыми системами при условии выполнения требований Регламента радиосвязи; радиочастота 350 МГц с полосой излучения  $\pm 1,5$  МГц используется для радиолинии «воздушное судно – Земля» в фазовой радиодальномерной системе определения координат самолета при аэрогеодезических и аэрофотографических работах; полоса радиочастот 394–410 МГц может использоваться для малоканальных радиорелейных станций гражданского применения с соблюдением установленных территориальных ограничений; полоса радиочастот 399,7–401,2 МГц (космос – Земля) может использоваться радионавигационной спутниковой службой, метеорологической спутниковой службой и службой космических исследований [4].

Таблица 1

Фрагмент распределение полос радиочастот 344–399,9 МГц  
между радиослужбами РФ

Радиорегламент (район 1) Полоса радиочастот радиослужбы	Распределение полос частот между радиослужбами Российской Федерации	
	Полоса радиочастот радиослужбы	Категория
335,4–387 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ 5.254	344–387 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ 95, 125, 127, 134	ПР
387–390 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ, подвижная спутниковая (космос – Земля) 5.208А, 5.208В, 5.254, 5.255	387–390 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ, подвижная спутниковая (космос – Земля) 95, 102, 104А, 125, 127, 131	ПР
390–399,9 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ 5.254	390–399,9 МГц ПОДВИЖНАЯ, ФИКСИРОВАННАЯ 95, 125, 135, 136, 137, 138	СИ

Таблица 2

Распределение диапазона частот 300 МГц решениями ГКРЧ России

Полоса частот	Решение ГКРЧ	Кому выделена	Примечание
312–315 МГц 387–390 МГц	от 10.03.2017 № 17-40-06-2	МСПСС «Гонец-ДИМ»	Абонентские устройства
301,125–305,825 МГц 337,125–341,825 МГц	от 22.07.2014 № 14-26-05-2	Неопределенный круг лиц РФ	Технология «Маквил» (NG-1)
360–380 МГц	от 16.04.2018 № 18-45-05-1 от 11.09.2018 № 18-46-03-1 от 22.10.2019 № 19-52-04-1	Метрополитены России	370–380 МГц только под землей
350–370 МГц	от 13.07.2020 г. № 20-55-06	ФСТТ Минтранс России	ЭМС с РЭС ВН
394–410 МГц 434–450 МГц	от 06.12.2004 № 04-03-04-2 от 28.12.2010 № 10-10-11-1 от 16.10.2015 № 15-35-09-4	Неопределенный круг лиц РФ	Радиорелейные станции

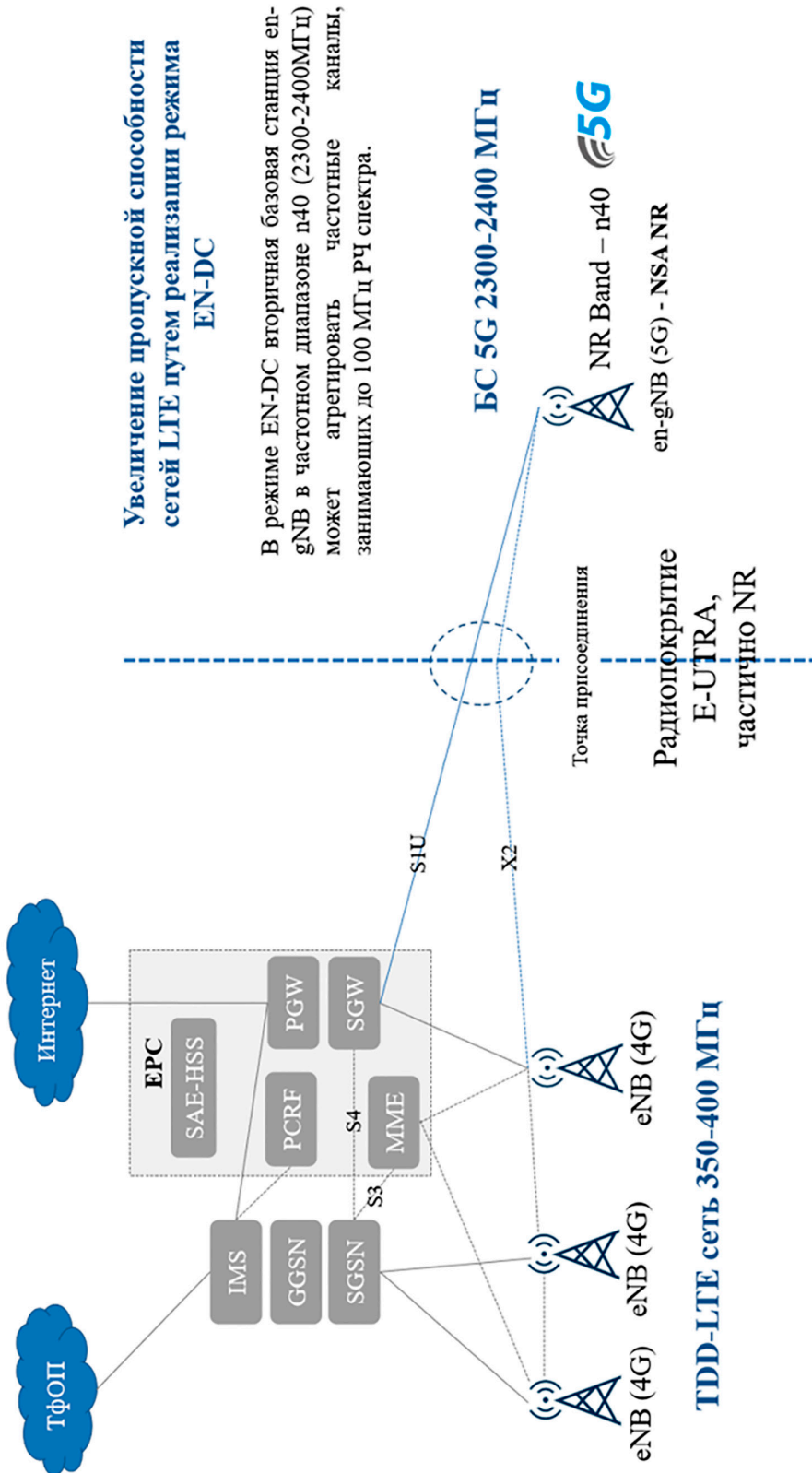
#### *Распределение диапазона радиочастот 300–400 МГц в России*

Отечественное распределение диапазонов частот 300–400 МГц решениями ГКРЧ России представлено в таблице 2.

В 2018 г. решениями ГКРЧ полоса радиочастот 360–380 МГц выделена РЭС МШБД для организации ведомственной поездной радиосвязи в тоннелях и на открытых перегонах метрополитенов в городах Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Нижний Новгород, Екатеринбург, Казань и Самара. При этом полоса частот 370–380 МГц используется для построения сети связи метрополитена только в подземной части – тоннелях метрополитена, а полоса радиочастот 360–370 МГц может применяться как на открытых участках, находящихся на поверхности, так и в подземной части [5, с. 6].

Сеть МШБД метрополитена предназначена для передачи голоса, обмена короткими и мультимедийными сообщениями, а также передачи данных, решения задач оповещения пассажиров и обеспечения безопасности. Также технологическая сеть МШБД предназначена для организации высокоскоростных каналов передачи данных для систем видеонаблюдения, систем оповещения пассажиров, телеуправления и телеконтроля, в том числе с мобильными объектами метрополитена.

В 2020 г. решением ГКРЧ России полоса радиочастот 350–370 МГц предназначена для использования РЭС МШБД подвижной службы, предназначенных для построения технологической сети связи федеральной системы транспортной телематики (ФСТТ) Минтранс на территории Российской Федерации.



Архитектура ведомственной сети LTE/5G (первый шаг миграции)

Основные характеристики (параметры) оборудования LTE/5G

Характеристика	Параметры
Диапазоны частот сетей МШБД технологий: LTE/LTE-Advanced, МГц 5G-NR, МГц 5G-NR, МГц 5G-NR/6G, МГц Wi-Fi (IEEE 802.11ax) МГц	350–400 2300–2400 4800–4990 6425–7125 5150–6425
Ширина канала LTE/LTE-A, МГц Ширина канала 5G-NR, МГц Ширина канала Wi-Fi (IEEE 802.11ax), МГц	1,4/3/5/10/20 50/80 40/80/160
Метод радиодоступа LTE-A	SC-FDMA, OFDMA, SC-OFDMA
Метод радиодоступа 5G/IMT-2020	F-OFDM, OFDMA (8×8 MIMO)
Виды модуляций LTE-A	DL – QPSK, 16-QAM, 64-QAM UL – QPSK, 16-QAM
Виды модуляций 5G/IMT-2020	64-QAM, 256 QAM, 1024 QAM, π/2-BPSK
Виды модуляции IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6E)	OFDMA (Uplink/Downlink)

### Результаты исследования и их обсуждение

Фактически полоса радиочастот 350–370 МГц может использоваться для всех видов транспорта РФ, включая беспилотные транспортные средства (БТС) и беспилотные авиационные средства (БАС), при условии, что применяемые РЭС должны иметь российское происхождение при их наличии в Едином реестре российской радиоэлектронной продукции. Также условия совместного использования РЭС ФСТТ в этой полосе радиочастот должны быть согласованы с Минобороны России, в частности с РЭС военной авиационной радиосвязи (включая согласование рабочих частот и мест размещения базовых станций ФСТТ). Для ведомственных технологических LTE-сетей в интересах крупных государственных предприятий (ПАО «Газпром», ПАО Росатом», ПАО «Россети») предлагается использовать полосы радиочастот 380–400 МГц, оформив их установленным порядком в ГКРЧ России. Ширина радиоканала для ведомственной сети TDD-LTE достаточна 10 МГц. Для компаний ТЭК возможно выделение полосы частот 380–390 МГц. Полоса радиочастот 390–400 МГц может использоваться для управления, контроля и информации БАС гражданского применения.

Система мобильного широкополосного беспроводного доступа для работы в диапазоне частот 350–400 МГц (МШБД-350-Rus), разработанная ООО «Лаборатория инфо-

коммуникационных сетей» (ООО «ЛИС») г. Санкт-Петербург, является системой радиосвязи, основанной на технологиях 3GPP LTE 4G. Оборудование категории TOPP, утвержденного приказом Минпромторга РФ № 52 от 14.01.2022 г. Сеть радиодоступа образуют базовые станции ЛАД-БС-350, реализованные по комбинированной и/или распределенной архитектуре. В качестве транспортной сети используется опорная сеть передачи данных на базе протоколов IP/MPLS. Ядро сети формируется на основе оборудования, реализующего системы EPC и IMS. В качестве ядра сети используются АПК PROTEI EPC производства компании ООО «ПРОТЕИ», мини-ядро собственной разработки. Абонентское оборудование разработано совместными усилиями:

- возимые (автомобильные и локомотивные) и стационарные станции разработки и производства ООО «ЛИС»;

- носимые станции (смартфон MIG S6, планшеты MIG T8, MIG T8X, MIG T10) совместно с ООО «Mobile Inform Group» (ООО «MIG») г. Санкт-Петербург. Продукты MIG входят в Единый реестр российской радиоэлектронной продукции Минпромторга РФ и обеспечивают работу с российскими операционными системами Astra Linux Special Edition релиз «Орёл»/«Смоленск»; «Аврора» и РЕД ОС.

Система МШБД-350 имеет архитектуру, позволяющую создавать сети радиосвязи самого разного назначения: технологические, выделенные, общего пользования, в соста-

ве интеллектуальных транспортных систем (ИТС), сервисов технологии IoT (Internet of Things – Интернет вещей) и др. [6].

Архитектура ведомственной сети LTE/5G (первый шаг миграции) представлена на рисунке. Показан переход NSA от сети LTE-350 к радиосети 5G-NR путем присоединения базовой станции переходного этапа en-gNB технологии 5G диапазона 2300–2400 МГц (n40) на ядро EPC LTE путем реализации режима EN-DC, позволяющей внедрять локальные 5G сервисы в глобальные 4G-LTE сети. Полоса частот 2300–2400 МГц сегодня используется для социально значимых объектов (СЗО) и решения второго этапа программы цифрового неравенства (2 ЦН). Полосы радиочастот 4800–4990 МГц и 6425–7125 МГц будут использованы для развертывания сетей 5G/IMT-2020 коммерческого и промышленного применения. Сегодня в полосе частот 4800–4990 МГц работают пилотные зоны 5G.

В таблице 3 представлены характеристики (параметры) оборудования LTE/5G на предлагаемых для использования полосах радиочастот для выделенных и технологических сетей РФ.

#### Заключение

Авторы видят массовое появление выделенных и технологических сетей Private LTE/5G совместно с реализацией программ цифровой трансформации предприятий, прежде всего ТЭК, транспорта и горнодобывающей промышленности. В условиях санкций, создания технологических мобильных

сетей на объектах критической информационной инфраструктуры остро стоит вопрос использования только отечественного оборудования и отечественного программного обеспечения. С учетом разработки ООО «Лаборатория инфокоммуникационных сетей» (г. Санкт-Петербург) системы МШБД-350-Rus предлагается для предприятий ТЭК (ПАО «Росатом», ПАО «Газпром» и ПАО «Россети») рассмотреть выделение установленным порядком ГКРЧ полос радиочастот 380–390 МГц и/или 390–400 МГц.

#### Список литературы

1. Носов Н.С. Частные сети LTE для российских предприятий // ИКС Медиа. 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iksmedia.ru/articles/5952341-Chastnye-seti-LTE-dlya-rossijskix.html> (дата обращения: 01.02.2024).
2. Трифонов Е.В. PRIVATE LTE и системы связи и управления уровня Mission Critical // Первая миля. 2022. № 2. С. 30–38.
3. Григорьев В.А., Харин В.Н., Хворов И.А., Гулюшин В.Л., Аксенов В.О., Корниенко А.В., Григорьева Е.В., Щесняк А.С., Пушкарев С.В. Распространение радиоволн в системах подвижной радиосвязи: учебное пособие / под общ. ред. В.А. Григорьева. СПб.: ООО ЛИС, 2022. 187 с.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 сентября 2019 года № 1203-47 «Об утверждении Таблицы распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых постановлений Правительства Российской Федерации». М.: Гарант, 2019. 121 с.
5. Аксенов В.А., Хворов И.А. Система мобильного широкополосного беспроводного доступа (МШБД-360). Решения для метрополитена (версия 002). СПб.: ООО ЛИС, 2020. 54 с.
6. Хворов И.А. Система мобильного широкополосного беспроводного доступа (МШБД-350-Rus). Описание и технические характеристики (версия 003). СПб.: ООО ЛИС, 2022. 38 с.